



(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : G05B 5/01		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/22485 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 20. April 2000 (20.04.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/07279			(81) Bestimmungsstaaten: JP, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 1. Oktober 1999 (01.10.99)			
(30) Prioritätsdaten: 198 46 637.4 9. Oktober 1998 (09.10.98) DE			Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>
(71) Anmelder: DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH [DE/DE]; Postfach 12 60, D-83292 Traunreut (DE).			
(72) Erfinder: KERNER, Norbert; Zachersdorfstrasse 45, D-83374 Traunwalchen (DE).			

(54) Title: METHOD AND CIRCUIT CONFIGURATION FOR AUTOMATICALLY PARAMETERIZING A RAPID DIGITAL SPEED CONTROL CIRCUIT

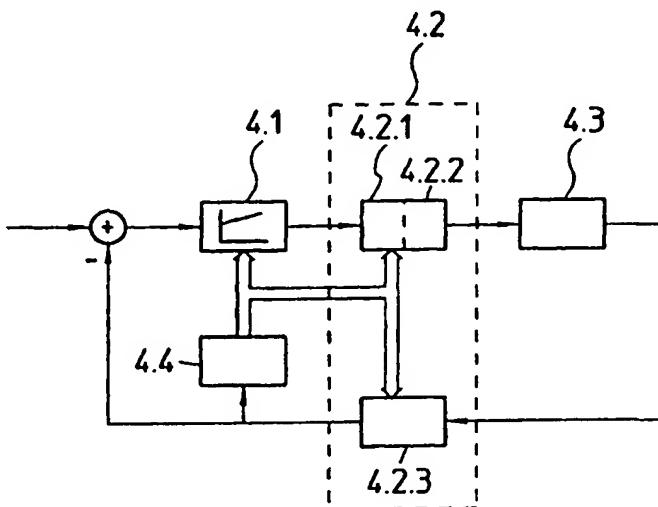
(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR AUTOMATISCHEN PARAMETRIERUNG EINES SCHNELLEN DIGITALEN DREHZAHLREGELKREISES

(57) Abstract

The aim of the invention is to reduce the rise time for a digital speed control circuit. To this end, a filter module (4.2.1) is introduced into the speed control circuit. The filter parameters of the filters provided in said filter module and the controller parameters are calculated in such a way that resonance sharpness, which could cause the speed control circuit to become prematurely unstable for certain control signals, is damped. This enables the amplification factors for the proportional controller branch and the integral controller branch to be increased, which leads to a shorter rise time. The method is carried out with a closed control circuit so that the transfer function of the control circuit during parametrization corresponds very exactly to its transfer function during regular operation. The transfer function of the filter module changes when the filter module is adjusted, hereby affecting the control circuit. The method is therefore carried out iteratively to ensure that changes of this type are compensated.

(57) Zusammenfassung

Um bei einem digitalen Drehzahlregelkreis die Anregelzeit zu verkürzen, wird eine Filterbaugruppe (4.2.1) in den Drehzahlregelkreis eingefügt. Die Filterparameter der in der Filterbaugruppe vorgesehenen Filter und die Reglerparameter werden derart berechnet, daß Resonanzüberhöhungen, welche zu einer frühzeitigen Instabilität des Drehzahlregelkreises bei bestimmten Regelsignalen führen, gedämpft werden. Dadurch können die Verstärkungsfaktoren für den Proportionalen Reglerzweig und den Integralen Reglerzweig vergrößert werden, was zu einer kürzeren Anregelzeit führt. Das Verfahren wird bei geschlossenem Regelkreis durchgeführt, wodurch die Übertragungsfunktion des Regelkreises bei der Parametrierung sehr genau mit der im regulären Betrieb übereinstimmt. Da beim Einstellen der Filterbaugruppe sich deren Übertragungsfunktion ändert und dadurch auch der Regelkreis beeinflußt wird, wird das Verfahren iterativ ausgeführt, so daß derartige Veränderungen kompensiert werden können.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		

Verfahren und Schaltungsanordnung zur automatischen Parametrierung eines schnellen digitalen Drehzahlregelkreises

=====

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Parametrierung eines schnellen digitalen Drehzahlregelkreises nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruchs 6.

5

Aus der DE 195 16 402 A1 ist eine Schaltungsanordnung eines Reglers mit sogenannter nachgiebiger Rückführung bekannt, bei der die Rückführung zwei Modelle beinhaltet. Ein erstes Modell realisiert eine teilweise Approximation der Regelstrecke, ein zweites Modell eine vollständige Approximation 10 der Regelstrecke. Das Ausgangssignal des ersten Modells wird negativ rückgekoppelt, das des zweiten positiv, so daß das Ausgangssignal der beiden Modelle im stationären Zustand Null ergeben soll. Dabei ist in der Rückführung ein Filter angeordnet, dessen Eingangssignal die Differenz aus dem Ausgangssignal des zweiten Modells und der Regelstrecke ist. Dabei 15 soll die Übertragungsfunktion des ersten Modells die instabilen Pole der Regelstrecke enthalten.

Dabei ist nachteilig, daß zwei Modelle bestimmt werden müssen, was nur mit großem Aufwand und begrenzter Genauigkeit möglich ist. Aufgrund der begrenzten Genauigkeit ist lediglich eine ungenaue Nachbildung der Regelstrecke möglich; Aufgrund der großen Ordnung der Übertragungsfunktionen 20 der Modelle enthalten diese viele Verzögerungen, was zu Verzögerungen und damit ebenfalls zu Ungenauigkeiten führt.

25 Aus der DE 25 20 649 C2 ist eine Thermische Kraftanlage mit einem Side-wasserreaktor bekannt, bei der eine Regeleinrichtung mit frequenzabhängigen Regelgliedern verwendet wird. Zur Verhinderung einer instabilen Regelung wird im Regelkreis mindestens ein Resonanzfilter angeordnet, bei dem

die Resonanzfrequenz des Filters mit der Frequenz des Regelkreises übereinstimmt, bei der der Regelkreis ohne Filter instabil werden würde.

Aus diesem Dokument ist lediglich ein Resonanzfilter bekannt, das bei einem

5 Regelkreis eines Sidewasserreaktors eingesetzt wird. Dies kann dem Fachmann für Steuerungen von Werkzeugmaschinen keinen Hinweis auf einen Einsatz eines Filters in einem Drehzahlregelkreis geben. Weiterhin wird keine automatische Parametrierung des Filters im Regelkreis offenbart.

10 Aus der DE 34 08 551 C2 ist ein Verfahren zum Verringern von Bahnfehlern bei rechnergesteuerten Werkzeugmaschinen bekannt, bei dem Lagesollwerte der Antriebsregelkreise einem bei Bahnvektoränderungen aktivem Filter zugeleitet werden. Dabei weist das Filter ein zur Antriebsregelstrecke inverses Übertragungsverhalten auf.

15 Ein Nachteil dieser Realisierung besteht darin, daß das Übertragungsverhalten der Antriebsregelstrecke möglichst genau ermittelt werden muß. Dies ist jedoch nur mit großem Aufwand und begrenzter Genauigkeit möglich. Weiterhin ist keine automatische Parametrierung des Filters im Hinblick auf

20 die Resonanzfrequenzen des Regelkreises vorgesehen.

Aus der DE 197 34 208.6 ist eine Anordnung und ein Verfahren zur Ermittlung optimaler Reglerparameter für eine Drehzahlregelung bekannt. Dabei wird der Elektromotor, für dessen Drehzahlregler die Parameter eingestellt

25 werden sollen, im eingebauten Zustand in der Maschine mit Testsignalen beaufschlagt. Durch diese Testsignale werden ausgewählte Reglerkomponenten angeregt. In einem iterativen Verfahren wird anschließend ausgetestet, bei welcher Verstärkung die Stabilitätsgrenze der einzelnen Komponenten des Regelkreises erreicht wird und abhängig von diesem Ergebnis

30 werden dann die Verstärkungsfaktoren für die Reglerkomponenten eingestellt.

Dieses Verfahren weist den Nachteil auf, daß in einem oder mehreren schmalbandigen Resonanzbereichen des mechanischen Systems bestehend aus Motor und Maschine bereits bei geringen Verstärkungsfaktoren des Drehzahlreglers Schwingungen auftreten können. Um die Maschine in 5 diesen Resonanzbereichen nicht zu Schwingungen anzuregen, können im Drehzahlregler nur geringe Verstärkungen eingestellt werden. Aufgrund der geringen Verstärkungen im Drehzahlregler werden Sollwerte nur sehr langsam erreicht, die sogenannte Anregelzeit ist daher unerwünscht groß.

10 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine das Verfahren realisierende Schaltungsanordnung anzugeben, um die Parameter eines Drehzahlregelkreises und eines oder mehrerer im Drehzahlregelkreis vorgesehener Filter automatisch bezüglich einer möglichst geringen Anregelzeit und einem optimalen Regelungsverhalten einstellen zu können, 15 so daß die Maschine nicht zu Schwingungen angeregt wird. Dabei soll der zusätzliche Aufwand an Baugruppen und Verfahrensschritten möglichst gering sein.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 20 1 und eine Schaltungsanordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst.

Vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ergeben sich aus den Merkmalen 25 der jeweils abhängigen Ansprüche.

Bei der Ermittlung der optimalen Verstärkung des Drehzahlreglers auf bekannte Art und Weise, zumindest für den P- und I-Zweig des Drehzahlreglers, werden an der Stabilitätsgrenze des Drehzahlregelkreises gleichzeitig erfindungsgemäß die Resonanzfrequenzen der gesamten mechanischen 30 Anordnung aus Motor und Maschine in einem für den Drehzahlregler des Motors relevanten Frequenzbereich ermittelt. In Filtern, welche sich im Dreh-

zählerregelkreis befinden, werden dann Parameter derart eingestellt, daß Resonanzüberhöhungen im Frequenzgang gedämpft und unerwünschte Frequenzbereiche ausgeblendet werden. Dadurch wird das Ausgangssignal des Drehzahlreglers für Resonanzfrequenzen derart gedämpft, daß keine 5 Resonanzüberhöhungen im Frequenzgang des Reglerausgangssignals mehr auftreten, d.h. ein Signal mit über der Frequenz im wesentlichen konstanter Amplitude erzeugt wird. Anschließend werden die Verstärkungsfaktoren des Reglers zur Erreichung der gewünschten Anregelzeit erhöht und erneut ermittelt, ob eine Resonanz auftritt. Ist dies nicht der Fall, bleiben die 10 Einstellungen in Filter und Regler unverändert, da nun die gewünschte Anregelzeit ohne Stabilitätsprobleme im Drehzahlregelkreis erreicht wurde. Falls Resonanzen ermittelt werden, werden die Filter derart verändert, daß die aufgetretenen Resonanzfrequenzen gedämpft werden. Nach der entsprechenden Einstellung der Filterkoeffizienten wird erneut überprüft, ob die 15 gewünschte Anregelzeit erreicht wird und ob keine Resonanzen auftreten. Falls erforderlich wird erneut der Resonanzbereich der mechanischen Anordnung ermittelt und Verstärkungswerte im Regler sowie Filterkoeffizienten des Filters modifiziert. Dadurch können unter Benutzung ohnehin erforderlicher Verfahrensschritte zur Ermittlung der Reglerparameter zusätzlich 20 die Filterparameter bestimmt werden.

Auf diese Weise kann vorteilhaft eine besonders kurze Anregelzeit erreicht werden, ohne daß dabei die mechanische Anordnung zu dauerhaften Schwingungen angeregt wird. Weiterhin vorteilhaft ist, daß es nicht erforderlich ist, eine mathematische Modellierung des mechanischen Systems durchführen zu müssen. Es wird vorteilhaft die mechanische Anordnung wie im regulären Betrieb mit geschlossenem Regelkreis angeregt und somit ein sehr realistisches Verhalten des mechanischen Systems ermittelt. Die dabei ermittelten Resonanzbereiche werden durch Filter gedämpft, so daß gezielt 25 die eine Schwingung anregenden Signale gedämpft werden. Anschließend kann die Verstärkung im Regler wesentlich erhöht werden. 30

Einzelheiten und weitere Vorteile der Erfindung werden im folgenden anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsform näher erläutert.

Es zeigt:

5

Figur 1: Eine mögliche Verfahrensabfolge des erfindungsgemäßen Verfahrens,

10

Figur 2: ein mögliches Anregungssignal,

10

Figur 3: einen möglichen Frequenzverlauf mit zwei Resonanzfrequenzen,

15

Figur 4: eine mögliche schaltungstechnische Realisierung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung,

20

Figur 5: den Frequenzverlauf aus Figur 3 nach einer Tiefpaßfilterung der Hauptresonanzfrequenz und

Figur 6: den Frequenzverlauf aus Figur 5 nach einer Bandsperrfilterung der weiteren Resonanzfrequenz.

Im folgenden wird von einer Anwendung der Erfindung bei einem Drehzahlregler einer numerischen Steuerung für einen Achsantrieb einer Werkzeugmaschine ausgegangen. Durch den Drehzahlregler soll dabei eine sehr kurze, vorgegebene Anregelzeit erreicht werden. Der Achsantrieb kann dabei durch einen hoch dynamischen Linearmotor oder einen herkömmlichen rotatorischen Servomotor realisiert werden.

Gemäß Figur 1 wird mit dem Schritt 1.0 das aus der DE 197 34 208.6 der 30 Anmelderin bekannte Verfahren zur Einstellung der Reglerparameter des Drehzahlreglers eingeleitet. Da ein Drehzahlregler im wesentlichen eine PI-Charakteristik aufweist, wird zunächst im Proportional-Zweig des Reglers mit

Hilfe einer speziellen Bewertungsfunktion der optimale Verstärkungsfaktor für den Proportional-Zweig ermittelt. Anschließend wird dem Integral-Zweig die als optimal erkannt Verstärkung mit Hilfe einer zweiten speziellen Bewertungsfunktion ermittelt.

5

Im Schritt 1.1 wird der Verstärkungsfaktor im Proportional-Zweig des Reglers gemäß dem oben beschriebenen Verfahren im bekannten, geschlossenen Regelkreis ermittelt. Dafür wird die Verstärkung im Proportional-Zweig des Reglers kurzzeitig derart erhöht, daß eine Dauerschwingung im Regelkreis 10 auftritt. Während der Dauerschwingung wird der im Regelkreis rückgekoppelte Istwert über ein bestimmtes Zeitintervall hinweg durch einen Prozessor 4.4 erfaßt und einer Fourier-Transformation unterworfen. Dadurch erhält man beispielsweise das in Figur 3 dargestellte Spektrum für einen interessierenden Frequenzbereich.

15

Der interessierende Frequenzbereich wird voreingestellt, seine obere Grenze wird durch die Dynamik des Motors und die Zykluszeit des Regelkreises festgelegt. Bei einem herkömmlichen rotatorischen Motor mit einem herkömmlichen Regelkreis können Signale bis ca. 2 kHz, bei einem hoch 20 dynamischen Linearmotor derzeit bis ca. 5 kHz von Interesse sein. Der interessierende Frequenzbereich wird durch die Regelzykluszeit des Drehzahlregelkreises, die auf die Dynamik des verwendeten Motors abgestimmt ist, bestimmt. Die Regelzykluszeit kann beispielsweise bei ca. 2 ms liegen, so daß sich der interessierende Frequenzbereich bis ca. 500 Hz erstreckt.

25

An dem Spektrum des rückgekoppelten Istwerts im Regelkreis wird eine erste Resonanzfrequenz unmittelbar an der maximalen Amplitude erkannt, die für eine Erhöhung der Verstärkungsfaktoren im Drehzahlregler und damit 30 zur Verringerung der Anregelzeit im PI-Regler durch ein in den Regelkreis einzufügendes Filter 4.2.1 gedämpft werden muß.

Danach wird im Schritt 1.2 der Verstärkungsfaktor im Integral-Zweig ebenfalls nach dem oben bereits beschriebenem Verfahren ermittelt. Anschließend wird die Anregelzeit $t_{a, \text{ist}}$ des Systems gemessen und im Schritt 1.3 mit einem Sollwert $t_{a, \text{soll}}$ verglichen. Ist die gemessene Anregelzeit $t_{a, \text{ist}}$ kürzer als 5 die gewünschte Anregelzeit $t_{a, \text{soll}}$, ist kein Filtereinsatz und keine weitere Veränderung der Reglerverstärkungen erforderlich. Das Verfahren kann dann in Schritt 1.12 beendet werden.

Oftmals wird aber die gemessene Anregelzeit $t_{a, \text{ist}}$ noch größer als die 10 gewünschte Anregelzeit $t_{a, \text{soll}}$ sein und gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird in Schritt 1.5 der Dämpfungsfaktor K_s des einzufügenden Filters für die Resonanzfrequenz als Quotient aus der gemessenen Anregelzeit $t_{a, \text{ist}}$ durch die gewünschte Anregelzeit $t_{a, \text{soll}}$ zumindest näherungsweise bestimmt gemäß:

15

$$K_s = \frac{t_{a, \text{ist}}}{t_{a, \text{soll}}}. \quad (1)$$

Da im gewählten Ausführungsbeispiel zwei Resonanzfrequenzen im relevanten Frequenzbereich auftreten, wird zur Dämpfung der niedrigeren 20 Resonanzfrequenz eine Bandsperre 4.2.2 und zur Dämpfung der höheren Resonanzfrequenz ein Tiefpaß 4.2.1 gewählt, der zusätzlich auch höherfrequente Störungen unterdrückt. Für den Fall, daß im relevanten Frequenzbereich mehr als zwei Resonanzfrequenzen auftreten, wird zur Unterdrückung der oberhalb des interessierenden Frequenzbereichs liegenden Resonanzfrequenzen und weiterer hochfrequenter Störungen ein Tiefpaß gewählt, dessen Grenzfrequenz so gewählt wird, daß die am Rand des interessierenden Frequenzbereichs liegende Resonanzfrequenz mit dem erforderlichen 25 Dämpfungsfaktor K_s gedämpft wird. Die verbleibenden Resonanzfrequenzen im interessierenden Frequenzbereich werden durch Bandsperren gedämpft, deren Dämpfung und Mittenfrequenz entsprechend der jeweiligen Resonanzüberhöhung und Resonanzfrequenz gewählt werden. Im folgenden wird 30

zur Vereinfachung davon ausgegangen, daß nur zwei Resonanzfrequenzen im interessierenden Frequenzbereich bis 500 Hz auftreten, von denen die höhere durch einen Tiefpaß 4.2.1 und von denen die niedrigere durch eine Bandsperre 4.2.2 gedämpft werden.

5

In Schritt 1.5 wird ermittelt, ob die Resonanzfrequenz oberhalb einer Grenzfrequenz für den Einsatz eines Tiefpaßfilters 4.2.1 liegt. Dies ist erforderlich, da ansonsten durch einen Tiefpaß 4.2.1 mit niedriger Grenzfrequenz schnelle Reglerausgangssignale gedämpft würden und somit schnelle 10 Regelvorgänge unmöglich würden.

In Schritt 1.6 werden die Parameter eines Tiefpasses 4.2.1 entsprechend dem interessierenden Frequenzbereich und der an dessen Obergrenze auftretenden Resonanzfrequenz sowie entsprechend der bei dieser Resonanzfrequenz gewünschten Dämpfung K_s im Filter eingestellt. 15

Als Tiefpaß 4.2.1 kann dabei ein digitaler Tiefpaß zweiter Ordnung gewählt werden, dessen Filterkoeffizienten entsprechend der gewünschten Grenzfrequenz und Dämpfung durch einen ohnehin vorhandenen Prozessor 4.4 berechnet werden. Alternativ sind auch andere Filter mit Tiefpaßcharakteristik möglich, insbesondere höherer Ordnung. 20

Nachdem nunmehr das Ausgangssignal des Drehzahlreglers 4.1 tiefpaßgefiltert und dadurch die Resonanzüberhöhung gedämpft wird, erfolgt eine 25 neue Festlegung der Verstärkungsfaktoren des Drehzahlreglers 4.1 im Proportional- und Integral-Zweig in Schritt 1.1 und 1.2. Aufgrund der eingeführten Dämpfung K_s werden die Verstärkungsfaktoren vergrößert und damit die Anregelzeit $t_{a,ist}$ verringert. Gleichzeitig werden die noch vorhandenen Resonanzfrequenzen und die nunmehr erreichte Anregelzeit $t_{a,ist}$ ermittelt. In 30 Schritt 1.3 wird dann überprüft, ob die aufgrund der Tiefpaßfilterung verbesserte Anregelzeit $t_{a,ist}$ bereits kleiner als die gewünschte Anregelzeit $t_{a,soll}$ ist. Ist dies der Fall, ist keine Bandsperre 4.2.2 mehr erforderlich und die einge-

stellten Verstärkungen im Drehzahlregler 4.1 und die Filterparameter des Tiefpasses 4.2.1 werden in Schritt 1.12 für den regulären Betrieb übernommen.

- 5 Wird die gewünschte Anregelzeit $t_{a,soll}$ noch nicht erreicht, wird im Schritt 1.4 der erforderliche Dämpfungs faktor K_s für die Bandsperre 4.2.2 gemäß obiger Gleichung (1) ermittelt. Anschließend wird im Schritt 1.5 zu Schritt 1.7 verzweigt, da die verbleibende Resonanzfrequenz kleiner ist als die Grenzfrequenz des Tiefpasses, welche die obere Grenze des interessierenden
- 10 Frequenzbereichs definiert. In Schritt 1.7 wird festgestellt, ob bereits eine Bandsperre 4.2.2 aktiviert ist.

- 15 Ist dies noch nicht der Fall, werden im Schritt 1.8 die Dämpfung der Bandsperre 4.2.2 entsprechend der berechneten Dämpfung K_s und die Mittelfrequenz der Bandsperre 4.2.2 entsprechend der ermittelten Resonanzfrequenz eingestellt.

- 20 Anschließend werden gemäß den Verfahrensschritten 1.1 und 1.2 die Verstärkungsfaktoren im Proportional- und Integral-Zweig des Reglers 4.1 neu bestimmt. Nachdem somit nun auch die Bandsperre 4.2.2 für die zweite Resonanzfrequenz aktiviert wurde, werden beide Resonanzfrequenzen des Ausführungsbeispiels gedämpft und aufgrund der neu bestimmten, größeren Verstärkungsfaktoren verringert sich die Anregelzeit $t_{a,ist}$. In der Regel wird in Schritt 1.3 dann die bei den neuen Verstärkungsfaktoren des Drehzahlreglers gemessene Anregelzeit $t_{a,ist}$ unterhalb der gewünschten Anregelzeit $t_{a,soll}$ liegen und das Verfahren wird in Schritt 1.12 beendet, nachdem in den Filtern 4.2.1 und 4.2.2 sowie im Drehzahlregler 4.1 durch den Prozessor 4.4 die ermittelten Parameter eingestellt wurden.
- 25

- 30 Sollte trotz Dämpfung der beiden Resonanzfrequenzen aus Figur 4 die Anregelzeit $t_{a,ist}$ noch zu lang sein, wird in Schritt 1.4 erneut der Dämpfungs faktor K_s gemäß Gleichung (1) bestimmt und im Schritt 1.5 ermittelt, ob die

Resonanzfrequenz über der Grenzfrequenz des Tiefpasses liegt oder nicht. Falls sie darüber liegt, werden die Filterparameter des Tiefpasses 4.2.1 neu bestimmt und dadurch eine verbesserte Dämpfung von Störsignalen erreicht, die außerhalb des interessierenden Frequenzbereichs liegen. Liegt die 5 Resonanzfrequenz unterhalb der Grenzfrequenz des Tiefpasses 4.2.1, wird zu Schritt 1.7 verzweigt und dort zu Schritt 1.9, da bereits eine Bandsperre 4.2.2 aktiv ist.

In Schritt 1.9 wird überprüft, ob für diese Resonanzfrequenz bereits eine 10 Bandsperre 4.2.2 vorgesehen ist und gegebenenfalls deren Parameter neu bestimmt. Dadurch erfolgt eine Feinanpassung der Filtercharakteristik der Bandsperre 4.2.2 an die durch die zwischenzeitlich aktivierten Filter 4.2.1 und 4.2.2 eventuell geringfügig veränderte Charakteristik des Drehzahlregelkreises. Liegt die Resonanzfrequenz oberhalb der Mittenfrequenz der 15 Bandsperre 4.2.2, wird in Schritt 1.10 zu Schritt 1.6 verzweigt und es werden die Parameter des Tiefpasses 4.2.1 neu bestimmt. Dadurch erfolgt eine Feinanpassung der Filtercharakteristik des Tiefpasses 4.2.1 an die durch die zwischenzeitlich aktivierten Filter 4.2.1 und 4.2.2 geringfügig veränderte Charakteristik des Drehzahlregelkreises.

20

Liegt die Resonanzfrequenz unterhalb der Mittenfrequenz der vorhandenen Bandsperre 4.2.2, werden gemäß dem Ausführungsbeispiel die Einstellungen mit dem Ergebnis beendet, daß eine weitere Verbesserung der Anregelzeit nicht möglich ist.

25

Alternativ besteht natürlich die Möglichkeit an dieser Stelle eine weitere Bandsperre einzufügen, die die weitere Resonanzfrequenz dämpft. Durch jede zusätzliche Bandsperre könnte somit eine zusätzliche Resonanzfrequenz gedämpft und die Anregelzeit $t_{a,ist}$ verbessert werden.

30

Alternativ besteht auch die Möglichkeit anstatt mehrerer Filter nur ein einziges Filter höherer Ordnung zu verwenden, das die Funktion des Tiefpasses

4.2.1 und der Bandsperren 4.2.2 realisiert, d.h. das bei jeder Resonanzfrequenz des Antriebssystems eine definierte Dämpfung K_s aufweist und hohe Frequenzen vollständig unterdrückt.

- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren wird benutzergesteuert gestartet und läuft anschließend automatisch ab. Weist der Regelkreis einen entsprechenden Anschluß über eine parallele oder serielle Schnittstelle an ein Datennetz (Local Area Network oder Wide Area Network, wie z.B. Internet) auf, kann die Ermittlung der Parameter für Regler und Filter des Regelkreises auch
- 10 ferngesteuert gestartet werden. Die neu ermittelten Parameter für Regler und Filter werden entweder unmittelbar eingestellt oder zunächst erst an den Benutzer übermittelt, der die Parameter dann selbst einstellen kann.

In den Figuren 5 und 6 ist die Wirkung des erfindungsgemäßen Verfahrens exemplarisch dargestellt. Ausgegangen wird von dem in Figur 3 dargestellten Signalverlauf, der bei 500 Hz eine Hauptresonanz aufweist und bei 200 Hz eine weitere Resonanz und der bei einer normierten Amplitude von 40 der Hauptresonanz an der Stabilitätsgrenze ist. Diese Kenngrößen werden in den Schritten 1.1 und 1.2 automatisch durch das erfindungsgemäße Verfahren ermittelt. Anschließend wird zunächst eine Tiefpaßfilterung auf die Hauptresonanz bei 500 Hz angewendet, da diese Frequenz an der Grenze des interessierenden Frequenzbereichs liegt. Dieser wird durch die Regelzykluszeit des Drehzahlregelkreises bestimmt, die beispielsweise bei ca. 2 ms liegt und somit der interessierende Frequenzbereich sich bis ca. 25 500 Hz erstreckt. Die Resonanzüberhöhung bei 500 Hz wird beseitigt und die Verstärkungsfaktoren im Drehzahlregler können bei einem zweiten Verfahrensdurchlauf derart erhöht werden, daß nunmehr die Resonanz bei 200 Hz die Stabilitätsgrenze des Regelkreises bestimmt, wie in Figur 5 dargestellt.

30

Diese Resonanz wird bei einem zweiten Verfahrensdurchlauf durch eine Bandsperre ebenfalls gedämpft, so daß durch die Filterbaugruppe ein

Ausgangssignal ohne wesentliche Resonanzüberhöhungen erzeugt wird. Nunmehr können wiederum die Verstärkungsfaktoren im Drehzahlregler vergrößert werden, bis die Stabilitätsgrenze des Regelkreises erreicht ist, bzw. leicht unterschritten wird.

5

Dadurch wird das in Figur 6 dargestellte Ausgangssignal erzeugt. Da alle Resonanzfrequenzen beseitigt sind, bzw. die beiden zur Verfügung stehenden Filter Tiefpaß 4.2.1 und Bandsperre 4.2.2 beide benutzt werden, konnten derart die Verstärkungen im Drehzahlregler auf einen optimalen 10 Wert vergrößert und die Anregelzeit $t_{a,ist}$ des Regelkreises entsprechend verringert werden.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung in Figur 4 weist in einem Drehzahlregelkreis für einen Elektromotor 4.3 einer Werkzeugmaschine eine 15 Filterbaugruppe 4.2 auf. Diese Filterbaugruppe 4.2 ist unmittelbar nach dem Drehzahlregler 4.1 angeordnet und filtert das dem Elektromotor 4.3 zugeleitete Steuersignal für die Motorströme. Die Filterbaugruppe 4.2 kann durch mehrere Filter niedriger Ordnung, wie beispielsweise einen Tiefpaß 4.2.1 zweiter Ordnung und eine Bandsperre 4.2.2, oder durch einen einzigen Filter 20 höherer Ordnung realisiert werden. Entscheidend ist lediglich, daß die zur Dämpfung von Resonanzüberhöhungen erforderliche Filtercharakteristik durch die Filterbaugruppe 4.2 realisiert wird. Die Anordnung der Filter 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3 ist an einer beliebigen Stelle im Drehzahlregelkreis möglich. Werden mehrere Filter zur Dämpfung von Resonanzüberhöhungen verwendet, 25 können diese auch an unterschiedlichen Stellen im Drehzahlregelkreis angeordnet werden.

Die Regelstrecke besteht aus dem Elektromotor 4.3 und den daran angeschlossenen mechanischen Komponenten. Bei einem Achsantrieb sind dies 30 beispielsweise Kupplung, Kugelumlaufspindel und Schlitten, auf dem das Werkstück befestigt wird. Dadurch gehen beispielsweise auch deren Trägheitsmomente und Reibungsverluste in die Bestimmung der Regler- und

Filterparameter mit ein. Um möglichst alle im Betrieb auftretenden Einflüsse möglichst genau zu berücksichtigen wird das Verfahren zudem bei geschlossenem Regelkreis durchgeführt.

5 Um das erfindungsgemäße Verfahren durchführen zu können, ist es erforderlich, daß die verwendeten Filter 4.2.1, 4.2.2 und 4.2.3 und auch der verwendete Drehzahlregler 4.1 derart ausgestaltet sind, daß deren Parameter insbesondere durch einen Prozessor 4.4 veränderbar sind. Dafür ist eine Verbindung zwischen dem Regler 4.1 und dem Prozessor 4.4 sowie zwischen den Filtern 4.2.1, 4.2.2 und 4.2.3 und dem Prozessor 4.4 vorgesehen,

10 über die der Prozessor 4.4 die berechneten Parameter überträgt. Weiterhin weist der Prozessor 4.4 eine Schnittstelle auf, über die ein Startsignal an den Prozessor 4.4 zum Starten des Verfahrens zur Ermittlung der Regelparameter und Filterparameter sowie weitere Daten übertragen werden können.

15 Diese Schnittstelle kann parallel oder seriell ausgeführt und als Verbindung zu einem local area network oder einem wide area network, wie dem Internet, benutzt werden.

Weiterhin ist es erforderlich, daß ein Anregungssignal dem geschlossenen Regelkreis zugeleitet werden kann, um die Schwingneigung des Regelkreises bei einer definierten Anregung ermitteln zu können. Hierfür ist eine Schaltungsanordnung vorgesehen, über die ein Signalgenerator für das Anregungssignal mit dem Regelkreis verbunden wird.

25 Die vorliegende Erfindung kann in allen Regelkreisen eingesetzt werden, bei denen durch mindestens eine schmalbandige Resonanzüberhöhung die Regelkreisdynamik verringert wird, wobei sehr unterschiedliche Regelstrecken vorliegen können.

Ansprüche

=====

1. Verfahren zur automatischen Parametrierung eines schnellen digitalen Drehzahlregelkreises bei Elektroantrieben, insbesondere für Werkzeugmaschinen und Roboter, bei dem Reglerparameter eines Reglers (4.1) mit Zweigen unterschiedlicher Reglercharakteristik für einen oder mehrere Zweige des Reglers (4.1) separat ermittelt werden (1.1, 1.2), indem einzelne oder mehrere Zweige des Reglers eines geschlossenen Regelkreises separat durch ein spezielles Anregungssignal angeregt werden und die Reglerparameter eines oder mehrerer Zweige so lange verändert werden, bis ein bezüglich einer Bewertungsfunktion optimales Reglerverhalten erreicht wurde, dadurch gekennzeichnet, daß durch Verändern der Reglerparameter der Regelkreis an die Stabilitätsgrenze gebracht wird (1.1), daß an der Stabilitätsgrenze eine oder mehrere Resonanzfrequenzen des Regelkreises ermittelt werden (1.1), daß Filterparameter eines oder mehrere Filter (4.3) derart bestimmt werden (1.6, 1.8), daß die ermittelten Resonanzfrequenzen entsprechend einer gewünschten Anregelzeit ($t_{a,soll}$) gedämpft werden und daß anschließend die Reglerparameter erneut bestimmt werden (1.1, 1.2).
5
10
15
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren iterativ für jede Resonanzfrequenz des Regelkreises erneut durchgeführt wird.
20
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Dämpfungsfaktor (K_s) der Filter (4.2) als Quotient aus der tatsächlichen Anregelzeit ($t_{a,ist}$) durch eine gewünschte Anregelzeit ($t_{a,soll}$) berechnet wird.
25

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtercharakteristiken eines oder mehrerer ermittelter Filter (4.2) durch wiederholtes Anwenden des Verfahrens an die durch die Filter (4.2) veränderte Charakteristik des Drehzahlregelkreises feinangepaßt werden.

5

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Dämpfung von Resonanzfrequenzen, die oberhalb einer Grenzfrequenz liegen, eine einzige Tiefpaßfilterung und zur Dämpfung von Resonanzfrequenzen, die unterhalb dieser Grenzfrequenz liegen, jeweils eine Bandsperrfilterung durchgeführt wird.

10

6. Schaltungsanordnung zur schnellen digitalen Drehzahlregelung bei Elektroantrieben, insbesondere für Werkzeugmaschinen und Roboter, die einen Regelkreis, bestehend aus zumindest einem Regler (4.1), einer Regelstrecke und einer Rückkopplungsstruktur aufweist, wobei die Regelstrecke aus einem Motor (4.3) und dem von dem Motor (4.3) angetriebenen mechanischen System besteht, dadurch gekennzeichnet, daß im Regelkreis eine Filterbaugruppe (4.2) vorgesehen ist.

15

20 7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterbaugruppe (4.2) einen Tiefpaßfilter (4.2.1) beinhaltet.

25

8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterbaugruppe (4.2) mindestens einen Bandsperrfilter (4.2.2) beinhaltet.

9. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterbaugruppe (4.2) mindestens einen FIR-Fil-
ter (4.2.3) beinhaltet.

30

10. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterbaugruppe (4.2) zwischen dem Regler (4.1) und dem Motor (4.3) angeordnet ist.
- 5 11. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Filter (4.2.1, 4.2.2, 4.2.3) der Filterbaugruppe (4.2) an unterschiedlichen Stellen im Regelkreis angeordnet sind.
- 10 12. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 9 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß der FIR-Filter (4.2.3) im Rückkopplungs-
zweig des Regelkreises angeordnet ist.
- 15 13. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Filter (4.2.1, 4.2.2, 4.2.3) der Filterbaugruppe (4.2) und der Regler (4.1) derart ausgestaltet sind, daß ihre Parameter durch eine Steuereinheit (4.4) einstellbar sind.
- 20 14. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Regelkreis derart ausgestaltet ist, daß dem geschlossenen Regelkreis ein Anregungssignal zugeleitet werden kann.
15. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Prozessor (4.4) eine Schnittstelle zu einem Datennetz aufweist.

FIG. 1

1/4

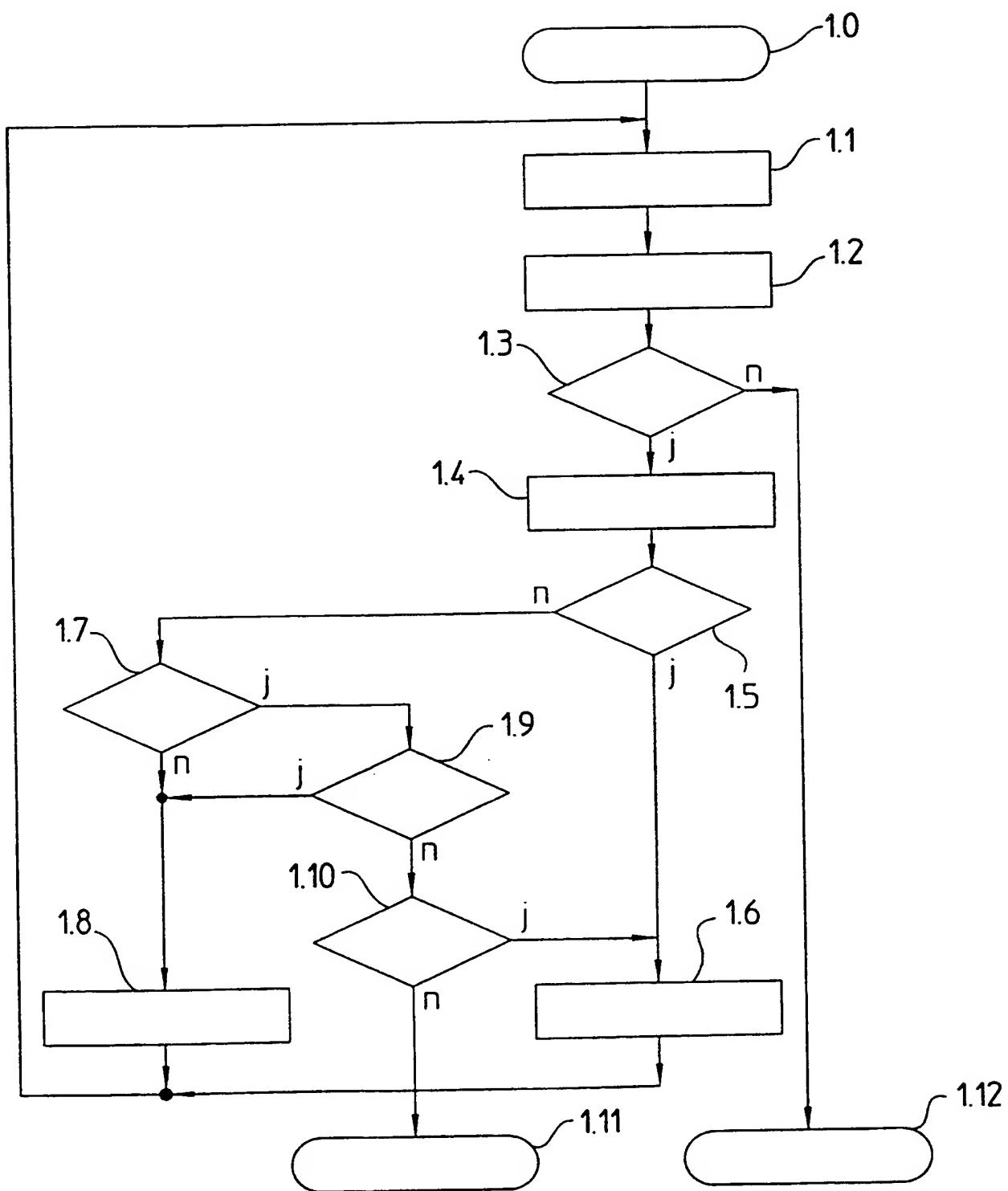


FIG. 2

2/4

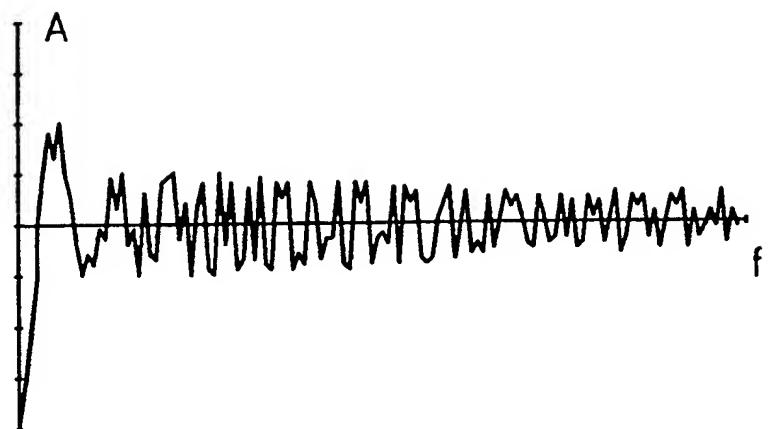


FIG. 3

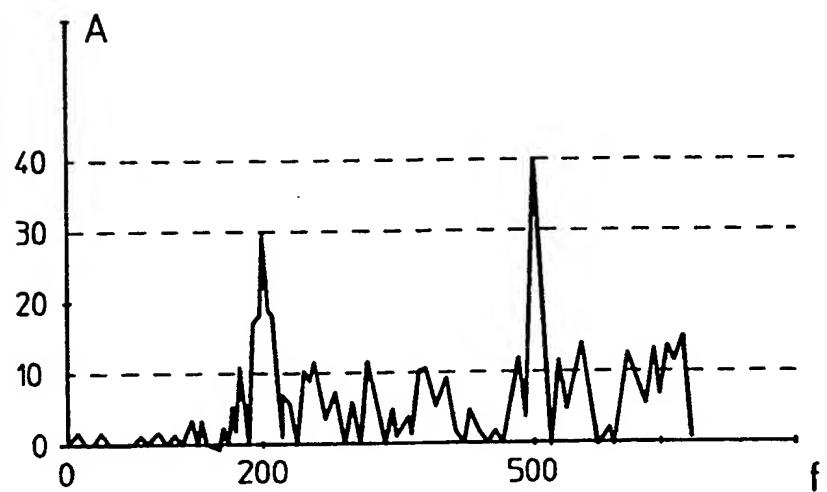


FIG. 5

3/4

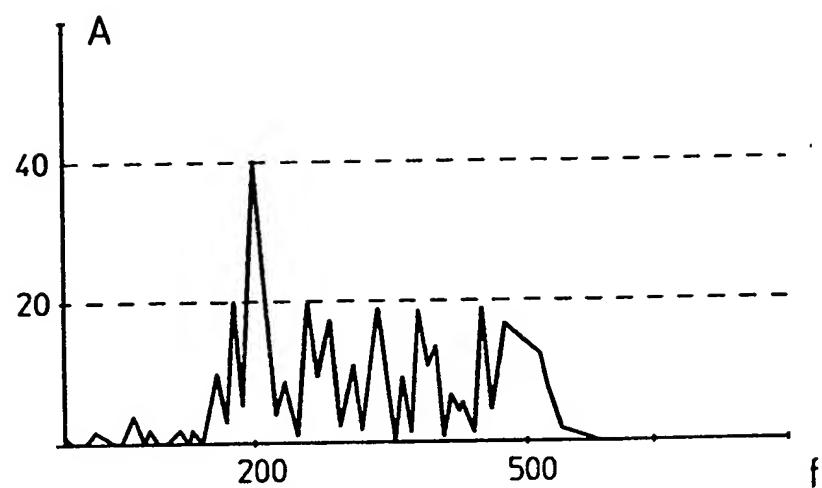


FIG. 6

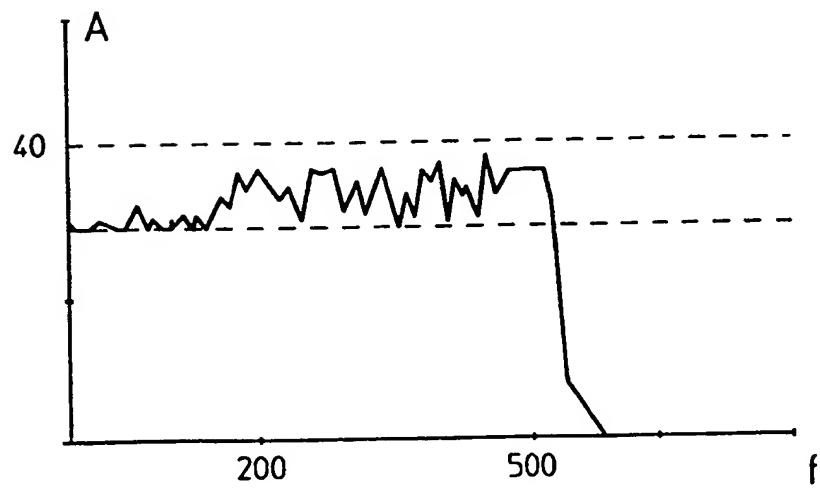
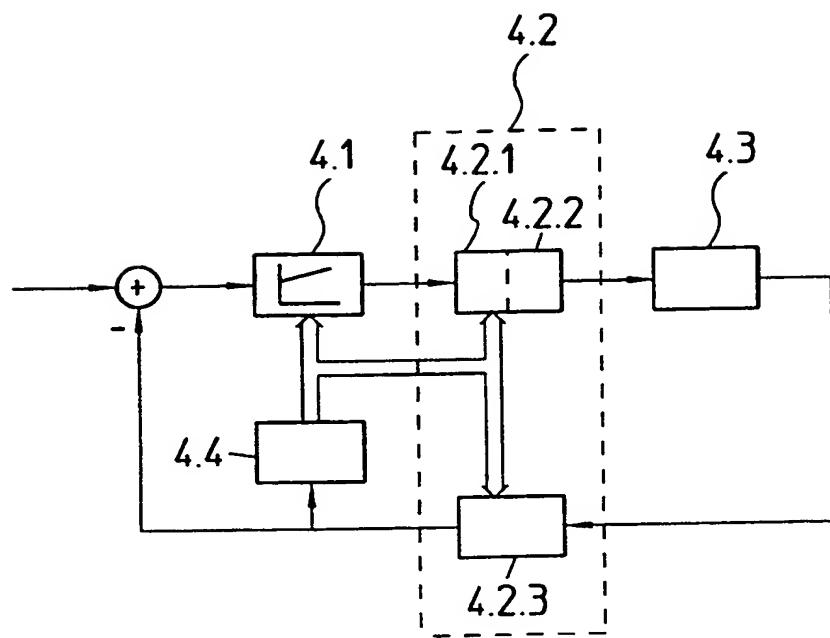


FIG. 4

4/4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

EP 99/07279

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G05B5/01

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 817 377 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 7 January 1998 (1998-01-07) the whole document ---	1
A	US 5 587 899 A (HO WENG K ET AL) 24 December 1996 (1996-12-24) the whole document ---	1
P, A	DE 197 34 208 A (HEIDENHAIN GMBH DR JOHANNES) 11 February 1999 (1999-02-11) cited in the application the whole document ---	1
A	DE 25 20 649 A (BBC BROWN BOVERI & CIE) 28 October 1976 (1976-10-28) cited in the application the whole document ---	1
		-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

1 February 2000

07/02/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kelperis, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 99/07279

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 195 16 402 A (ABB PATENT GMBH) 18 January 1996 (1996-01-18) cited in the application the whole document -----	1
A	DE 34 08 551 A (SIEMENS AG) 12 September 1985 (1985-09-12) cited in the application the whole document -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

/EP 99/07279

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
EP 0817377 A	07-01-1998	US 5929700 A	27-07-1999		
		DE 817377 T	14-05-1998		
		JP 10078801 A	24-03-1998		
US 5587899 A	24-12-1996	NONE			
DE 19734208 A	11-02-1999	EP 0896263 A	10-02-1999		
DE 2520649 A	28-10-1976	CH 583937 A	14-01-1977		
		FR 2308135 A	12-11-1976		
		GB 1541754 A	07-03-1979		
		US 4166762 A	04-09-1979		
DE 19516402 A	18-01-1996	CZ 9501232 A	17-01-1996		
		DE 59500840 D	27-11-1997		
		DE 59503880 D	12-11-1998		
		EP 0692752 A	17-01-1996		
		EP 0786709 A	30-07-1997		
		PL 308617 A	22-01-1996		
DE 3408551 A	12-09-1985	JP 60205714 A	17-10-1985		
		US 4707780 A	17-11-1987		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

nationales Aktenzeichen

/EP 99/07279

A. KLASSEFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G05B5/01

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G05B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 817 377 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 7. Januar 1998 (1998-01-07) das ganze Dokument ---	1
A	US 5 587 899 A (HO WENG K ET AL) 24. Dezember 1996 (1996-12-24) das ganze Dokument ---	1
P, A	DE 197 34 208 A (HEIDENHAIN GMBH DR JOHANNES) 11. Februar 1999 (1999-02-11) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1
A	DE 25 20 649 A (BBC BROWN BOVERI & CIE) 28. Oktober 1976 (1976-10-28) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindnischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindnischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

1. Februar 2000

07/02/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kelperis, K

INTERNATIONALER FESTSICHERCHENBERICHTInternationales Aktenzeichen
EP 99/07279**C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 195 16 402 A (ABB PATENT GMBH) 18. Januar 1996 (1996-01-18) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ----	1
A	DE 34 08 551 A (SIEMENS AG) 12. September 1985 (1985-09-12) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

EP 99/07279

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0817377 A	07-01-1998	US	5929700 A	27-07-1999
		DE	817377 T	14-05-1998
		JP	10078801 A	24-03-1998
US 5587899 A	24-12-1996	KEINE		
DE 19734208 A	11-02-1999	EP	0896263 A	10-02-1999
DE 2520649 A	28-10-1976	CH	583937 A	14-01-1977
		FR	2308135 A	12-11-1976
		GB	1541754 A	07-03-1979
		US	4166762 A	04-09-1979
DE 19516402 A	18-01-1996	CZ	9501232 A	17-01-1996
		DE	59500840 D	27-11-1997
		DE	59503880 D	12-11-1998
		EP	0692752 A	17-01-1996
		EP	0786709 A	30-07-1997
		PL	308617 A	22-01-1996
DE 3408551 A	12-09-1985	JP	60205714 A	17-10-1985
		US	4707780 A	17-11-1987